

# Interacciones sobre coordenadas paralelas en el marco del Modelo Unificado de Visualización<sup>\*</sup>

Dana K. Urribarri

Silvia M. Castro

Sergio R. Martig

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur  
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina  
{dku, smc, srm}@cs.uns.edu.ar

## Abstract

Visualization systems must cope with huge datasets, that grows even more as time goes by, due to advancing technology and growing necessity of several areas. Between the numerous visualization techniques applicable to huge datasets come out parallel coordinates as one of the few naturally  $n$ -dimensional techniques.

While in the visualization process is indisputable the importance of the technique used, there is no doubt about the importance of the supported interactions. Since the different techniques have arisen dynamically as solutions to precise problems it is necessary to fit them in a reference frame. The Unified Visualization Model provides us a common theoretical framework to analyze and compare different visualization techniques and it also provides with a conceptual framework to define interactions.

Considering the importance of parallel coordinates and the necessity of placing interactions in the Unified Visualization Model, we present a taxonomy suitable for interactions on parallel coordinates.

**Keywords:** Interactions, parallel coordinates, visualization models.

## Resumen

Los sistemas de visualización deben lidiar con grandes volúmenes de datos, que crecen aún más con el paso del tiempo, debido al constante avance de la tecnología y la creciente necesidad en las diversas áreas. Entre las numerosas técnicas de visualización aplicables a grandes conjuntos de datos emergen las coordenadas paralelas como una de las pocas inherentemente  $n$ -dimensionales.

Si bien en el proceso de visualización es indiscutible la importancia de la técnica empleada, sin duda es esencial el papel de las interacciones soportadas. Dado que las diferentes técnicas han surgido dinámicamente como soluciones a problemas puntuales resulta necesario encuadrarlas en un marco de referencia. El Modelo Unificado de Visualización nos provee un marco teórico común para analizar y comparar diferentes técnicas de visualización, proporcionando además un marco conceptual para definir las interacciones.

Considerando la importancia de las coordenadas paralelas y la necesidad de encuadrar sus interacciones en el Modelo Unificado de Visualización, se ha desarrollado y se presenta una clasificación que categoriza las posibles interacciones sobre coordenadas paralelas.

**Palabras claves:** Interacciones, coordenadas paralelas, modelos de visualización.

---

<sup>\*</sup>El presente trabajo fue parcialmente financiado por los PGI 24/N015 y 24/Zn12, Secretaría General de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

# 1. INTRODUCCIÓN

Se han desarrollado diversas herramientas para visualizar datos mediante la técnica de coordenadas paralelas. Algunas son herramientas más generales, permitiendo obtener además visualizaciones mediante otras técnicas (XGobi<sup>1</sup> o XmdvTool<sup>2</sup>), y otras están acotadas a las coordenadas paralelas (Parvis<sup>3</sup>); cada una de estas herramientas ha implementado su propio conjunto de interacciones. Si bien esto refleja que han habido intentos parciales para clasificar las interacciones, también muestra que se han hecho a partir de aplicaciones particulares sin un criterio unificador. Es necesario contar con una taxonomía general de las interacciones que las clasifique de manera unificada.

En este trabajo nos concentramos en las posibles interacciones sobre una visualización que emplea la técnica de coordenadas paralelas. Luego de una introducción a la técnica, a sus ventajas y desventajas, definimos las interacciones aplicables sobre dicha técnica, para detallar finalmente la clasificación propuesta. Esta clasificación es general, y encuadra las interacciones en el Modelo Unificado de Visualización.

## 1.1. El Modelo Unificado de Visualización

En [6] se presenta el Modelo Unificado de Visualización (MUV) como un modelo aplicable a cualquier visualización, independientemente del campo de origen de los datos. En este modelo se ven representados los diferentes procesos que afectan al conjunto de datos (transformaciones) y las etapas por las que esos datos atraviesan (estados) desde su origen hasta que son finalmente visualizados.

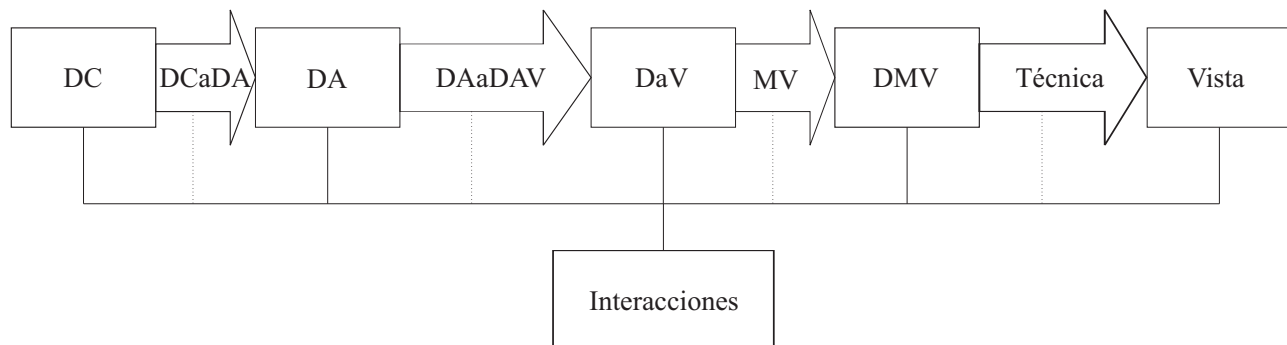


Figura 1: Pipe del Modelo Unificado de Visualización

□ *Estado: Datos Crudos (DC)*: Es el conjunto inicial de datos. Son los datos recolectados directamente del dominio de aplicación. Pueden provenir de visualizaciones previas o de fuentes externas.

→ *Transformación: Datos Crudos – Datos Abstractos (DCaDA)*: Permite al usuario seleccionar cuáles son los datos que quiere visualizar. Esta transformación se encarga de llevar los datos a la representación interna del sistema de visualización.

□ *Estado: Datos Abstractos (DA)*: Son los datos seleccionados por el usuario para visualizar. No es condición que se visualicen todos los datos que se encuentran en este estado. Tampoco es condición que sea un subconjunto de los datos crudos, ya que los datos derivados de los datos crudos también son datos abstractos.

<sup>1</sup><http://public.research.att.com/~stat/xgobi/>

<sup>2</sup><http://davis.wpi.edu/xmdv/>

<sup>3</sup><http://home.subnet.at/flo/mv/parvis/>

→ *Transformación: Datos Abstractos – Datos a Visualizar (DAaDAV)*: Permite al usuario determinar exactamente qué datos de los datos abstractos estarán en la visualización.

□ *Estado: Datos a Visualizar (DaV)*: Es el conjunto de datos que efectivamente estarán en la visualización.

→ *Transformación: Mapeo visual (MV)*: El usuario determina cómo quiere visualizar los datos. En este proceso se define la estructura visual de los datos.

La *estructura visual* está definida por el sustrato espacial, los elementos visuales y los atributos gráfico de los elementos visuales.

El *sustrato espacial* especifica cómo estará organizado el espacio. Esto es de suma importancia ya que la ubicación espacial de los elementos es perceptualmente dominante.

Los *elementos visuales* y los *atributos gráficos de los elementos* visuales asocian atributos geométricos a los datos que se representarán en pantalla. En este estado se determinan características generales de la representación que se desea. El máximo grado de detalle queda resuelto en la etapa siguiente, en la cuál se elige la técnica.

□ *Estado: Datos Mapeados Visualmente (DMV)*: Es el conjunto de datos con toda la información necesaria para visualizarlos con alguna técnica que los soporte, es decir, son los datos con la estructura visual elegida en la transformación anterior.

→ *Transformación: de Visualización (Técnica)*: Es la aplicación de una técnica que soporte el mapeo visual anterior. Además determina todos los demás elementos que componen la escena: colores, luces, etc., elementos que a pesar de ser parte de la escena, son extras a la visualización de los datos.

□ *Estado: Datos Visualizados (Vista)*: Esta es la representación final de los datos a visualizar con la técnica elegida. Es el punto de acceso del usuario al Pipeline de Visualización. A partir de aquí el usuario está en condiciones de comenzar a interactuar con la visualización en el proceso de exploración y análisis de los datos.

A pesar de que el usuario interactúa con la última etapa, la vista, sólo algunas interacciones se resuelven allí. En general resolver una interacción implica modificar una o varias etapas del Pipeline de Visualización.

La vista es el punto de entrada para todas las interacciones, tanto para las que pueden resolverse en la propia vista, como para aquellas que en realidad se resuelven en estados o transformaciones anteriores. A pesar de que los efectos de las interacciones se reflejan en la vista, éstas pueden afectar cualquier estado o transformación del Pipeline de Visualización.

**Interacciones primitivas del MUV** En cada estado y transformación del Pipeline de Visualización se definen las primitivas (operadores de cada etapa) necesarias para interactuar con el pipeline. Estas primitivas deben ser independientes de la técnica y en base a ellas deben poder construirse *todas* las interacciones propias de cada técnica.

## 1.2. Coordenadas paralelas

Las coordenadas paralelas fueron presentadas ([5]) como una técnica para visualización de conjuntos de datos multidimensionales. Con el tiempo y el desarrollo de herramientas que implementaban la técnica demostraron ser apropiadas también para grandes conjuntos de datos.

Informalmente esta técnica consiste en asignarle a cada dimensión un eje, y disponer estos ejes para-

lealmente en el plano. Cada dato  $n$ -dimensional es una poligonal que atraviesa los  $n$  ejes paralelos. Formalmente, las coordenadas paralelas se definen sobre el plano cartesiano  $xy$  ([5]). Se realizan  $N$  copias del eje  $y$  equidistantes y perpendiculares al eje  $x$  en los puntos  $0, 1, \dots, N - 1$  que son etiquetadas como  $x_1, x_2, \dots, x_N$ . Estas nuevas rectas son los ejes del *sistema de coordenadas paralelas* que representa al espacio Euclídeo de dimensión  $N$  (Figura 2(a)).

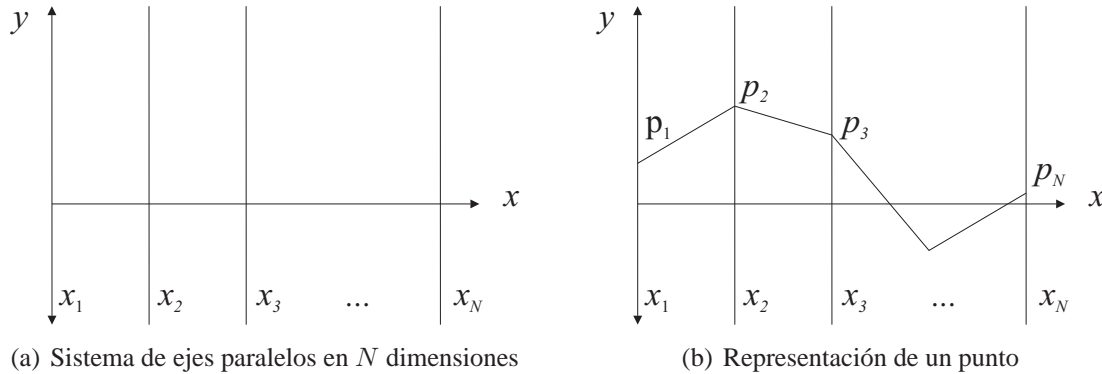


Figura 2: Sistema de Ejes Paralelos

Un punto  $P$  de coordenadas  $(p_1, p_2, \dots, p_N)$  se representa por una poligonal de  $N$  vértices, donde los vértices de esa poligonal son los puntos  $(i - 1, p_i)$  para  $i = 1, \dots, N$  (Figura 2(b)).

#### 1.2.1. Problemas que se intentan solucionar

Al utilizar las técnicas tradicionales de visualización, es posible representar espacialmente solo hasta tres atributos de los datos. Por esto, para conjuntos de datos  $n$ -dimensionales estas técnicas en general no consiguen mapear la totalidad de los  $n$  atributos en el espacio, y por lo tanto deben usarse propiedades alternativas de los elementos (como color o forma) para representar a los restantes.

Teóricamente las coordenadas paralelas hacen posible visualizar datos de tantas dimensiones como sea necesario: la clave está en que no representar las dimensiones con ejes ortogonales, sino con ejes paralelos. Esto permite una representación uniforme para todas las dimensiones, ya que todas las dimensiones se representan con ejes. Además el agregar una dimensión más a los datos no provoca un cambio radical en la forma de representación. Esta técnica facilita el análisis de los datos ya que el problema de reconocer patrones de comportamiento en los mismos en un espacio  $n$ -dimensional, se reduce a interpretar un gráfico en dos dimensiones.

#### 1.2.2. Problemas inherentes a la técnica

A pesar de sus grandes ventajas, las coordenadas paralelas también presentan algunos inconvenientes, entre los que se encuentran principalmente el compromiso entre *muchos atributos* - *espacio acotado*, y la oclusión.

Una de las ventajas que tienen las coordenadas paralelas es que, en principio, se pueden representar tantas dimensiones como sea necesario, siendo la forma de representación siempre la misma, independientemente del número de dimensiones. Sin embargo, esta gran ventaja es a su vez un gran problema: aunque el número de dimensiones que se pueden representar es potencialmente ilimitado, el espacio que se dispone para la representación es acotado y de resolución finita (Figura 3(a)), debiendo obtenerse una solución de compromiso que asegure la legibilidad de la vista generada.

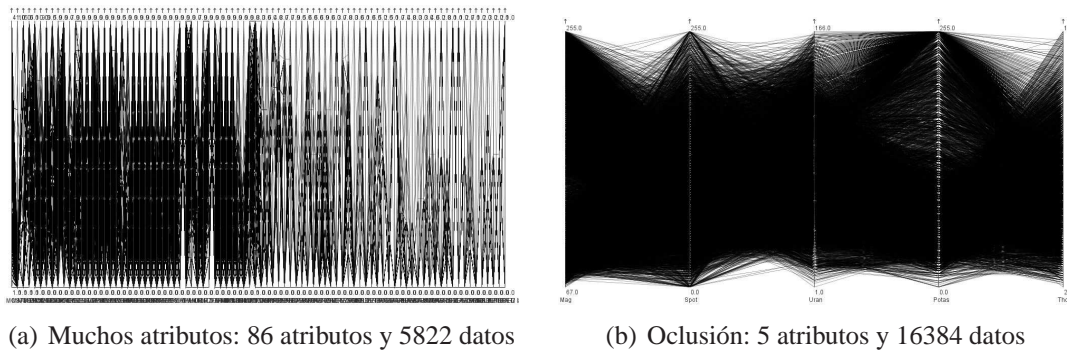


Figura 3: Problemas de las coordenadas paralelas.

El segundo problema que se presenta es la *oclusión* (Figura 3(b)). Esta técnica es apropiada para representar grandes conjuntos de datos. Sin embargo, si la cantidad de poligonales es muy grande, el resultado obtenido es una gráfica incomprensible, donde es imposible individualizar los datos o peor aún, es imposible distinguir patrones que insinúen el comportamiento de estos datos.

Dado que estos problemas son inherentes a la técnica y crecen cuando el número de ítems a visualizar aumenta, se hace necesario proveer al usuario con herramientas que le permitan afrontarlos. De esta forma, un gráfico de coordenadas paralelas enriquecido con las interacciones adecuadas, permitirá al usuario aprovechar al máximo su potencial como técnica de visualización de grandes volúmenes de datos.

## 2. NIVELES DE INTERACCIONES

En la sección anterior se presentó cuál es la importancia de contar con interacciones que sirvan como soporte de las técnicas de visualización, en particular en el caso de coordenadas paralelas.

El MUV nos provee ([6]) un modelo conceptual donde se pueden definir las interacciones de forma tal que quede bien definido sobre qué conjunto de datos opera, cuál es el resultado que se obtiene y por lo tanto cuál es el impacto general en el proceso.

En una sesión de visualización en coordenadas paralelas es necesario contar con interacciones que permitan modificar las características y propiedades de los ejes, destacar poligonales, compararlas, decidir qué poligonales ver y cuáles no ([1]).

El conjunto de interacciones se puede dividir en dos niveles diferentes: un nivel, que denominaremos *interacciones primitivas*, y otro que involucra a aquellas *interacciones dependientes de la técnica* de visualización en particular. En este último conjunto de interacciones se pueden distinguir a su vez dos niveles adicionales:

1. interacciones simples, e
2. interacciones compuestas

En la figura 4 se muestra cómo interactúan los diferentes niveles de interacciones.

Las *interacciones primitivas* son aquéllas propias del MUV, los operadores de cada estado o transformación. Son interacciones básicas, constituyen la base para definir cualquier interacción dentro del MUV y son las que luego, en niveles superiores, definirán interacciones más generales.

Dentro de las compuestas, las *interacciones simples* son aquéllas que afectan a una única etapa (estado o transformación) del Pipeline de Visualización. Las interacciones resultantes de la composición de

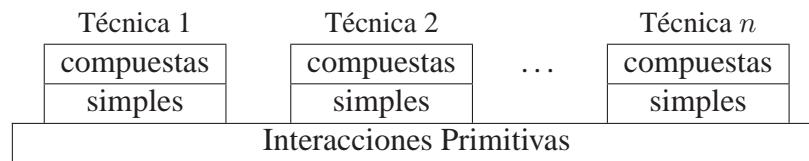


Figura 4: Niveles de interacciones

interacciones simples son las *interacciones compuestas*. Las interacciones simples pueden no estar todas disponibles para el usuario.

## 2.1. Coordenadas paralelas: Interacciones Simples

La primera categoría de interacciones son las simples, aquellas interacciones *base* a partir de las cuales se definirán interacciones más complejas. Estas interacciones, tanto como las compuestas deben expresarse en función de las primitivas del Pipeline de Visualización.

A continuación se presentan las interacciones simples para la técnica de coordenadas paralelas junto a una breve descripción de qué hacen y cuál es el objetivo de cada una de ellas.

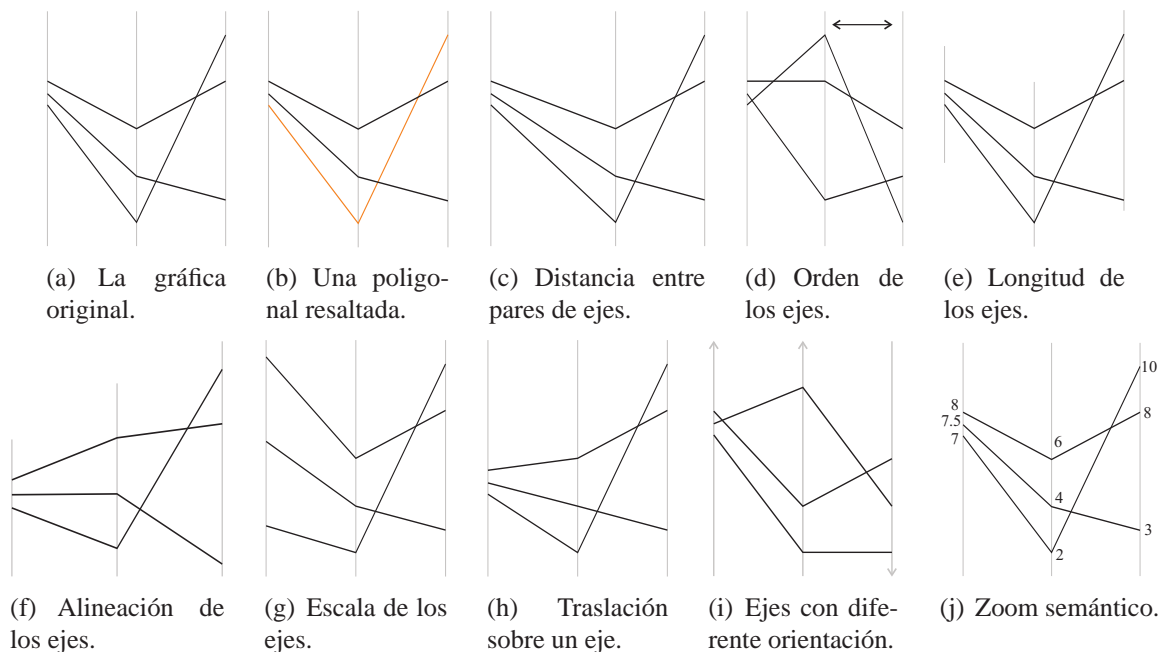


Figura 5: El efecto de las diferentes interacciones.

◦ *Elegir/Desechar una poligonal*: elige una poligonal para aplicarle alguna acción, por ejemplo quitarla de la visualización, cambiarle el color, o aplicarle alguna otra transformación. También debe ser posible desechar una poligonal previamente elegida.

◦ *Cambiar el color de una poligonal*: cambia el color de una poligonal. Su objetivo es destacarla de las demás, por ejemplo para ver su comportamiento o usarla como referencia - Figura 5(b).

◦ *Cambiar la distancia entre pares de ejes adyacentes*: cambia arbitrariamente la distancia permitiendo que separación entre pares de ejes no sea uniforme. Esta interacción ayuda a distinguir el comportamiento de las poligonales entre dos ejes adyacentes - Figura 5(c).

◦ *Cambiar el orden de adyacencia de los ejes*: modifica la ubicación de los ejes, cambiando el



orden en que éstos se verán. Es muy útil a la hora de detectar correlación entre diferentes atributos - Figura 5(d).

- *Cambiar longitud de los ejes*: cambia arbitrariamente la longitud de los ejes. Es de gran utilidad si se combina con alguna otra interacción, como por ejemplo cambiar la alineación de los ejes - Figura 5(e).

- *Cambiar alineación de los ejes*: cambia la alineación de los ejes, alineándolos a izquierda/derecha o arriba/abajo. Es de gran ayuda, combinada con cambios en la longitud de los ejes, para comparar poligonales entre sí - Figura 5(f).

- *Cambiar la escala de los ejes*: cambia la escala del eje que representa un atributo en particular, esto puede ser de utilidad en el caso de querer cambiar de longitud los ejes, o cuando se desea ver en más detalle alguna porción de datos - Figura 5(g).

- *Trasladar los datos sobre un eje*: traslada los datos a lo largo del eje, cambiando el punto inicial del eje. Es de utilidad para comparar poligonales entre sí, por ejemplo haciendo que la poligonal de referencia quede como una línea recta - Figura 5(h).

- *Cambiar la orientación de los datos en los ejes*: cambia el sentido en el que se ordenan los datos sobre el eje; por ejemplo, si los atributos son numéricos y los ejes se disponen en forma vertical puede haber ejes para los cuales el menor valor esté en la parte inferior y el mayor valor en la superior, o viceversa. Esto es de gran ayuda para descubrir correlaciones entre los atributos - Figura 5(i).

- *Zoom geométrico*: permite al usuario magnificar o demagnificar los elementos presentes en la vista.

- *Eliminar atributos/tuplas de la visualización*: permite al usuario decidir cuáles son datos o atributos que quiere visualizar, reduciendo las tuplas o atributos de los datos a ser visualizados.

- *Zoom semántico*: permite obtener más detalle de las tuplas y atributos que se están visualizando brindando información bajo demanda. Este detalle adicional puede requerir un cambio de representación - Figura 5(j).

Habiendo presentado las interacciones simples en coordenadas paralelas es necesario indicar qué etapa del Pipeline de Visualización afecta cada una de ellas. Esto es importante a la hora de encuadrar las interacciones sobre la técnica dentro del MUV. Entonces se puede decir que las interacciones:

- *elegir o desechar* tuplas y atributos, *zoom semántico* y *eliminar* tuplas o atributos afectan al estado de datos a visualizar.
- *cambiar el orden de adyacencia*, la *escala* o la *orientación* de los ejes y también aquéllas que cambian las propiedades de los elementos que representan los objetos de la vista, como *cambiar el color* de una poligonal afectan el estado datos mapeados visualmente.
- *trasladar* los datos sobre un eje, *cambiar la distancia* entre ejes adyacentes, la *longitud* o la *alineación* de los ejes, y el *zoom geométrico* afectan el estado datos visualizados.

## 2.2. Coordenadas paralelas: Interacciones Compuestas

Las interacciones compuestas son las diseñadas a partir de interacciones simples, como la composición de dos o más de ellas.

Son interacciones compuestas *la selección y desección visual, el filtrado, resaltar momentáneamente una poligonal señalada, diferentes coloreados del conjunto de poligonales, brush, comparación de tuplas entre sí y coordenadas jerárquicas*.

A continuación se describirán cada una de estas interacciones y se las definirá en función de las interacciones simples.

◦ *Selección y deselección visual*: permite seleccionar un conjunto de tuplas o atributos para posteriormente aplicarles alguna operación. Incluye realimentación al usuario. En término de las interacciones simples esta interacción se construye a partir de:

- (1) *elegir* la o las poligonales que se quieran seleccionar, y
- (2) *cambiar el color* para proveer al usuario la realimentación necesaria.

◦ *Filtrado*: permite seleccionar tuplas y atributos del conjunto de datos visualizado. En bases de datos, *filtrado* consiste aplicar una proyección y selección de los datos; es decir, una proyección de los atributos y una selección de tuplas. En este contexto, filtrado es, en término de las interacciones simples se construye como:

- (1) *elegir* tuplas y/o atributos, y
- (2) *eliminar* las tuplas y atributos no elegidos.

◦ *Resaltar momentáneamente una poligonal señalada*: permite resaltar una poligonal distinguiéndola del conjunto; esto facilita la tarea de seguir el trayecto de las poligonales. Esta interacción se construye en término de las interacciones como:

- (1) *cambiar el color* de la poligonal cuando el mouse la señala; el nuevo color deberá ser uno que la distinga del resto, y
- (2) *cambiar el color*, volviendo al original, cuando el mouse abandona la poligonal.

◦ *Diferentes coloreados del conjunto de poligonales*: permite detectar, si existe, alguna correlación positiva o negativa entre diferentes ejes. Como composición de interacciones simples implica cambiar el color de las poligonales siguiendo determinado orden, que dependerá del valor que tomen las tuplas en determinado atributos.

◦ *Brush ([4])*: permite seleccionar un grupo de poligonales para poder seguir su comportamiento dado que la selección se muestra por medio de un cambio de color. Es similar a la *selección visual*, pero se diferencian en que esta última elige tuplas o atributos, brindando una realimentación visual al usuario para que éste pueda realizar alguna acción sobre lo seleccionado. En cambio, la única función del brush es destacar un grupo de poligonales y operar tal vez con los conjuntos de poligonales. Como composición de interacciones simples se expresa como:

- (1) *elegir* un grupo de poligonales,
- (2) *cambiar el color* para resaltarla, y
- (3) *desechar* el grupo de poligonales.

◦ *Comparación en función de un potencial mejor o peor caso ([1])*: permite comparar las poligonales y encontrar aquéllas que más se acercan o más se alejan de cumplir determinado criterio. Se deben realizar las siguientes interacciones simples:



- (1) *cambiar la orientación* de los datos en los ejes para que se encuentre el “peor valor” a la izquierda/abajo y el “mejor valor” a la derecha/arriba
- (2) *cambiar la alineación* de los ejes: alineado a izquierda para ver cuál es el “peor caso” o alineado a derecha para ver el “mejor caso”
- (3) *cambiar la longitud* de los ejes, a mayor longitud del eje, más importante el atributo
- (4) *cambiar el color* para resaltar la “mejor” o “peor” tupla

◦ *Coordenadas jerárquicas ([3])*: permiten ver de forma general cuál será el comportamiento de los datos y resulta muy útil para el análisis de grandes conjuntos. En términos de interacciones primitivas se construye en base al *zoom semántico*, partiendo de la clusterización de los datos.

### 3. CLASIFICACIÓN GENERAL

Al encuadrar las interacciones simples dentro del MUV surge otra clasificación dependiendo del objetivo de las mismas. Esta clasificación presentada solo es aplicable a las interacciones simples, ya que su finalidad es que cada categoría afecte un único estado del Pipeline de Visualización.

Dentro de las interacciones que modifican los datos a visualizar se pueden identificar dos grupos: las de selección (como la seleccionar poligonales o atributos) y la de eliminación de datos de la vista (es decir, son el resultado de que el usuario elija no ver algún eje o algún grupo de poligonales).

Las interacciones que afectan los datos mapeados visualmente son las que modifican características de los ejes que representarán los atributos de los datos, modifican el soporte de la visualización.

Las interacciones que modifican los datos visualizados tienen como objetivo mejorar la forma en que se ven los datos, pero manteniendo la representación inicial.

En función del objetivo de las interacciones y del estado que afecta cada una de ellas, se puede presentar la siguiente clasificación de las interacciones:

- Las *interacciones de selección* son aquellas que permiten *marcar* ejes o poligonales para posteriormente efectuar sobre ellos alguna acción. Estas interacciones afectan al estado de datos a visualizar.
- Las *interacciones de exploración* son las que permiten explorar la totalidad de los datos, elegir qué datos serán los que finalmente se visualicen. Estas interacciones también afectan al estado de datos a visualizar.
- Las *interacciones de representación* son las que permiten modificar la representación de los datos, es decir la ubicación relativa de los elementos visuales que representan los atributos y la propiedades gráficas de éstos elementos. Estas interacciones (cambiar el orden, la orientación o la escala de los ejes, y cambiar los colores de ejes o poligonales) afectan el estado de datos mapeados visualmente.
- Las *interacciones de navegación* son las que permiten al usuario navegar el conjunto de datos visualizados. Las interacciones en esta categoría (zoom geométrico, traslación de datos, distancia entre ejes o alineación de los ejes) afectan el estado de datos visualizados.

## 4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hemos presentado una clasificación que encuadra las interacciones sobre coordenadas paralelas en el MUV. Sobre el modelo ya están definidas las interacciones primitivas, lo que se hizo fue definir una clasificación de las interacciones propias de la técnica en simples y compuestas, según su complejidad. Por otra parte se presentó una posible taxonomía para las interacciones simples, basándonos en las etapas afectadas directamente por éstas. Consideramos que esta clasificación brinda información semántica adicional sobre las interacciones pertenecientes a cada clase, lo cual constituye un recurso valioso para los usuarios de las herramientas de visualización incrementando la *predecibilidad* de las mismas.

Tomando el MUV como modelo de referencia, encuadrar las interacciones en éste implica su descomposición en función de las interacciones básicas que provee el modelo.

Como trabajo futuro se propone sistematizar las interacciones, siguiendo la misma estrategia, para analizar los aspectos en común y las diferencias existentes entre diferentes técnicas. Esto nos permitirá contar con un marco teórico completo en el cual no solo tendremos definidos los estados y transformaciones por los que atraviesan los datos en el proceso de visualización, sino que también habremos encuadrado todas las interacciones surgidas de la visualización. Además buscará una clasificación de las interacciones compuestas de modo de caracterizarlas y encontrar un conjunto de interacciones común a todos los campos de visualización y, finalmente, describir las interacciones simples en función de las interacciones primitivas del MUV.

## REFERENCIAS

- [1] Gennady Andrienko and Natalia Andrienko. Constructing parallel coordinates plot for problem solving. In *1st International Symposium on Smart Graphics*, pages 9–14, 2001.
- [2] Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, and Ben Shneiderman. *Readings in Information Visualization Using Vision to Think*. 1999.
- [3] Ying-Huey Fua, Matthew O. Ward, and Elke A. Rundensteiner. Hierarchical parallel coordinates for exploration of large datasets. In *VIS '99: Proceedings of the conference on Visualization '99*, 1999.
- [4] H. Hauser, F. Ledermann, and H. Doleisch. Angular brushing for extended parallel coordinates. In *Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization*, pages 127–130, 2002.
- [5] A. Inselberg and B. Dimsdale. Parallel coordinates: A tool for visualizing multidimensional geometry. *IEEE Visualization*, pages 361–378, 1990.
- [6] Sergio Martig, Silvia Castro, Pablo Fillottrani, and Elsa Estevez. Un modelo unificado de visualización. In *IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, octubre 2003.